

(11)Publication number : 10-024570
(43)Date of publication of application : 27.01.1998

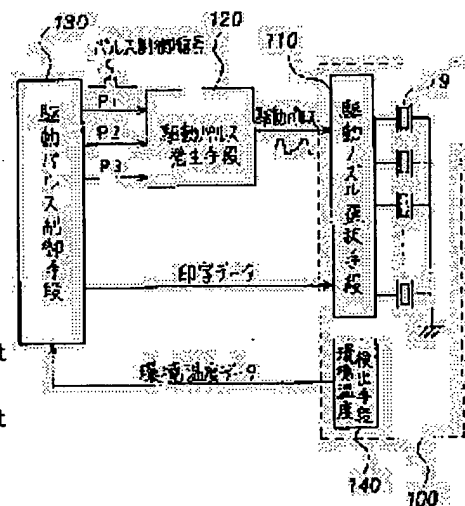
B41J 2/045
B41J 2/055
B41J 2/12
B41J 2/125

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(72)Inventor : MORIKOSHI KOUJI

(57)Abstract:

SOLUTION: This ink is jet recording device comprises a drive pulse generating means 120 which outputs a first pulse for enlarging a pressure generating chamber, a second pulse for shrinking the pressure generating chamber from its inflated state and thereby, discharging an ink droplet from a nozzle and a third pulse for enlarging the pressure generating chamber again after the second pulse, and a drive pulse control means 130 which controls the timing to start the second pulse and the timing to start the third pulse with the help of a means to detect environmental temperature in accordance with the environmental temperatures. In addition, the second pulse start time is adjusted so that a position for drawing a meniscus at the time of discharging the ink droplet is constant and thus the discharge velocity of the ink droplet is set to be constant. Further, the third pulse is applied to inflate the pressure generating chamber again at the stage in which the oscillation of the meniscus generated by the discharge of the ink droplet is fully shifted to the pressure generating chamber. Consequently, the kinematic move toward the nozzle is effectively attenuated.



[Date of request for examination]	11.05.2000
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	07.03.2002
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3356202
[Date of registration]	04.10.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2002-05980
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	08.04.2002
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-24570

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月27日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A
	2/055			1 0 4 F
	2/12			1 0 4 K
	2/125			

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-179622

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月9日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 森腰 耕司

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

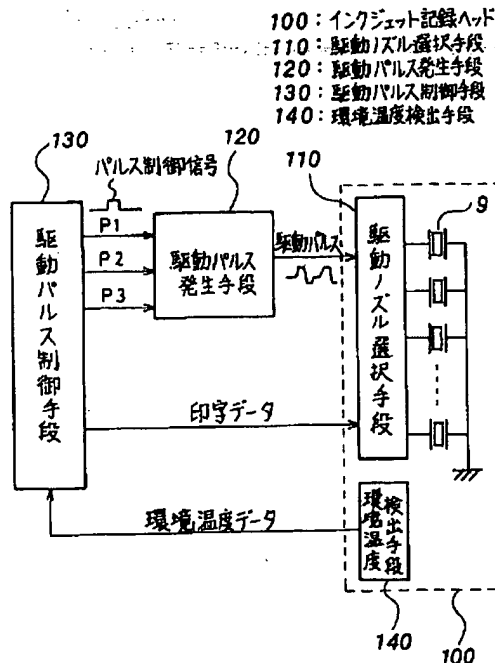
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録装置

(57) 【要約】

【課題】 駆動周波数、環境温度、流路寸法に関わりなくインク滴の安定吐出の確保およびインク滴の着点位置を一定に維持すること。

【解決手段】 圧力発生室3を拡大させる第1のパルスと、膨張状態にある圧力発生室3を収縮させてノズル2からインク滴を吐出させる第2のパルスと、第2のパルス後に圧力発生室3を再び拡大させる第3のパルスを出力する駆動パルス発生手段120と、環境温度検出手段140によって第2のパルス開始のタイミングおよび第3のパルス開始のタイミングを環境温度により制御する駆動パルス制御手段130とを備え、インク滴吐出時のメニスカスの引き込み位置が一定となるよう第2パルスの開始時間を調整してインク滴の吐出速度を一定にし、さらにインク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が、最も圧力発生室に移動した段階で、第3のパルスを印加し圧力発生室を再び膨張させ、ノズルに向かおうとしているメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル、およびインク供給口を介して共通インク室に連通する周期 T_c のヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、この圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とを有するインクジェット記録ヘッドと、

前記圧力発生室を拡大させる第1のバルスと、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズルからインク滴を吐出させる第2のバルスと、前記第2のバルス後に前記圧力発生室を再び拡大させる第3のバルスを出力する駆動バルス発生手段と、

前記第2のバルス開始のタイミング、および前記第3のバルス開始のタイミングを任意に制御する駆動バルス制御手段と、を有するインクジェット記録装置。

【請求項2】 前記第2のバルス開始のタイミングでのノズル内のメニスカスの位置が一定となるよう、前記第2のバルス開始のタイミングが駆動バルス制御手段によって制御されている請求項1記載のインクジェット記録装置。

【請求項3】 前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルおよび前記インク供給口の流路インピーダンスに応じて任意に設定する前記駆動バルス制御手段を有する請求項1または2記載のインクジェット記録装置。

【請求項4】 前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルまたは前記インク供給口の流路インピーダンスが小さい場合は早く、大きい場合は遅くなるよう設定することを特徴とする請求項1、2または3記載のインクジェット記録装置。

【請求項5】 前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルまたは前記インク供給口の断面積が大きい場合は早く、小さい場合は遅くなるよう設定することを特徴とする請求項1、2または3記載のインクジェット記録装置。

【請求項6】 前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルまたは前記インク供給口の長さが長い場合は早く、短い場合は遅くなるよう設定することを特徴とする請求項1、2または3記載のインクジェット記録装置。

【請求項7】 環境温度検出手段を有し、環境温度に応じて前記第2のバルス開始のタイミングを前記駆動バルス制御手段により制御する請求項1、2または3記載のインクジェット記録装置。

【請求項8】 前記第2のバルス開始のタイミングを、環境温度が高くなる場合は早く、低くなる場合は遅くなるよう設定することを特徴とする請求項1乃至7いづれか1項に記載のインクジェット記録装置。

【請求項9】 前期インク滴吐出後に生じたメニスカスの振動が最も前期圧力発生室に移動した時点と概ね同じとなるように、前期第3のバルス開始のタイミングが駆動バルス制御手段によって制御されている請求項1記載

のインクジェット記録装置。

【請求項10】 前記第3のバルス開始のタイミングを、前記圧力発生室の周期 T_c に応じて任意に設定する前記駆動バルス制御手段を有する請求項1または9記載のインクジェット記録装置。

【請求項11】 環境温度検出手段を有し、環境温度に応じて前記第3のバルス開始のタイミングを前記駆動バルス制御手段により制御する請求項1、9または10記載のインクジェット記録装置。

【請求項12】 前記第3のバルス開始のタイミングを、環境温度が高くなる場合は早く、低くなる場合は遅くなるよう設定することを特徴とする請求項1、9、10または11記載のインクジェット記録装置。

【請求項13】 前記第2のバルスの継続時間と前記第3のバルスの継続時間が同じに設定され、前記第2バルス開始から前記第3バルス開始までの時間が、前記圧力発生室の周期 T_c とほぼ一致した時間となるよう設定されている請求項1、9、10、11または12記載のインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電振動子を駆動源に使用したインクジェット記録ヘッドの駆動技術に関する。

【0002】

【従来の技術】オンデマンド型インクジェット記録ヘッドは圧電振動子や発熱素子によりインク圧力を発生させる複数の圧力発生室と、各圧力発生室にインクを供給する共通インク室と各圧力発生室に連通するノズルを備えた流路を備えており、印字信号に対応するノズルの圧力発生室に駆動信号を印加してインク滴をノズルから記録媒体に飛翔させるように構成されている。

【0003】このようなインクジェット記録ヘッドには圧力発生手段として、圧力発生室内にジュール熱を発生する抵抗線と設け、気泡の発生圧力を利用してインク滴を吐出させるいわゆるバブルジェット式がある。

【0004】一方、圧電材料と導電層を交互に積層して構成した、その軸方向の伸長、つまり縦振動モードを利用した圧電振動子により、一部が弾性板により構成された圧力発生室を膨張、収縮させて、インクの吸引、インク滴の吐出を行う圧電振動式も知られている。

【0005】前者の方式は、高密度化が容易で安価な装置が出来る反面、発熱を利用する関係上、インクやヘッドそのものの劣化を招きやすいという欠点がある。

【0006】しかし後者の方式では、発熱を伴わないので、インクの劣化を招かず、インクの利用範囲が広く、しかも、ヘッド寿命が半永久的でランニングコストが低いという特徴がある。また、縦振動モードを有する圧電振動子は、高速駆動が可能であり、圧力発生室と当接させることで圧力発生室の膨張、収縮を高速で繰り返し行

うことが可能であるという特徴を備えている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このようなオンデマント型インクジェットヘッドには以下のような課題がある。

【0008】圧力発生室に圧力を発生させインク滴が吐出した後は圧力発生室に圧力変動が残留するため、ノズル内のメニスカスは、圧力発生室に固有の共振周期（ヘルムホルツ共振周期）の振動を伴いながらノズル先端に回復していく。

【0009】この残留振動の周期は微少で、メニスカスがノズル先端に到達する時間（以降、メニスカスの回復時間と呼ぶ）よりも短い。

【0010】高周波駆動を行う場合、この微少な残留振動が十分おさまらないうちに、次のインク滴の吐出を開始しようとする、メニスカスが安定していないため、吐出したインク滴が不安定となる可能性がある。結果、飛翔方向が変化したり、インクミストが発生したりし、印字品質の低下を招きやすく、結果インクジェット記録ヘッドの応答周波数向上の妨げにつながるという課題がある。

【0011】また、このメニスカスの振動挙動は、流路の寸法バラツキ、材料やインク物性によって変化しやすく、さらに環境温度によってさらに変化をするため、固定した駆動方法では効果的にメニスカスの残留振動を制御できない。

【0012】このため、流路の寸法管理を厳しくしたり、流路構成材料やインクの選択の幅が狭くなり、製造コストが高くなったり、設計の自由度が低下してしまうという課題もあった。

【0013】一方、インク滴の吐出時にも以下の課題がある。

【0014】圧力発生室を膨張させた際、ノズル内のメニスカスは圧力発生室側に引き込まれるが、圧力発生室内に徐々にインクが供給されることで、メニスカスは徐々にノズル先端側に回復していく。

【0015】ここで、メニスカスがノズル先端に到達した後、インクを吐出させれば、吐出タイミングに関わらず、常にインク滴の吐出速度は一定となる。しかし、高周波数駆動を行う際は、圧力室の膨張、収縮を短いリードタイムで行う必要があるため、メニスカスの回復時間によっては、引き込まれたメニスカスが十分ノズル先端まで到達しないうちに、インクを吐出させなければならない。

【0016】また、インク滴の吐出速度を確保し、吐出が安定するようにするには、メニスカスがある程度引き込まれた状態で勢よく吐出させる方がよい。

【0017】以上のような背景から上記のような吐出方法が圧電振動式では一般的となっている。

【0018】しかしながら、この引き込まれたメニスカ

スの引き込み量、およびノズル先端までの回復時間は、インク滴吐出後のメニスカスの振動と同様に、流路の寸法バラツキ、材料やインク物性の差、さらに環境温度によって変化するため、従来のように固定したタイミングで吐出させる方法では、吐出時のメニスカスの引き込み位置がばらつき、結果インク滴の吐出速度、および吐出インク量のバラツキを生み出すという課題がある。

【0019】このため、流路の寸法管理を厳しくしたり、流路構成材料やインクの選択の幅が狭くなり、製造コストが高くなったり、設計の自由度が低下してしまうという課題もあった。

【0020】本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、高周波数駆動でもインク滴の安定吐出を確保するとともに、インク流路の寸法バラツキ、材料やインクの物性の变化、環境温度の変化に対しても安定吐出を確保でき、さらにインクの吐出速度を一定に保持させてインク滴の着点位置を一定に維持し、安定した画像を確保できる新規なインクジェット記録装置を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明のインクジェット記録装置は、ノズル、およびインク供給口を介して共通インク室に連通し、周期 T_c のヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、前記圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット記録ヘッドと

前記圧力発生室を拡大させる第1のバルスと、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズルからインク滴を吐出させる第2のバルスと、前記第2のバルス後に前記圧力発生室を再び拡大させる第3のバルスを出力する駆動バルス発生手段と 前記第2のバルス開始のタイミング、および、前記第3のバルス開始のタイミングを任意に制御する駆動バルス制御手段とを有することを特徴とする。

【0022】また、前記第2のバルス開始のタイミングでのノズル内のメニスカスの位置が一定となるよう、前記第2のバルス開始のタイミングが駆動バルス制御手段によって制御されていることを特徴とする。

【0023】また、前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルおよび前記インク供給口の流路インピーダンスに応じて任意に設定する前記駆動バルス制御手段を有することを特徴とする。

【0024】また、前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルまたは前記インク供給口の流路インピーダンスが小さい場合は早く、大きい場合は遅くなるよう設定することを特徴とする。

【0025】また、前記第2のバルス開始のタイミングを、前記ノズルまたは前記インク供給口の断面積が大きい場合は早く、小さい場合は遅くなるよう設定することを特徴とする。

【0026】また、前記第2のバルス開始のタイミング

を、前記ノズルまたは前記インク供給口の長さが長い場合は早く、短い場合は遅くなるよう設定することを特徴とする。

【0027】また、環境温度検出手段を有し、環境温度に応じて前記第2のパルス開始のタイミングを前記駆動パルス制御手段により制御することを特徴とする。

【0028】また、前記第2のパルス開始のタイミングを、環境温度が高くなる場合は早く、低くなる場合は遅くなるよう設定することを特徴とする。

【0029】さらに、前期インク滴吐出後に生じたメスカスの振動が最も前期圧力発生室に移動した時点と概ね同じとなるように、前期第3のパルス開始のタイミングが駆動パルス制御手段によって制御されていることを特徴とする。

【0030】また、前記第3のパルス開始のタイミングを、前記圧力発生室の周期 T_c に応じて任意に設定する前記駆動パルス制御手段を有することを特徴とする。

【0031】また、環境温度検出手段を有し、環境温度に応じて前記第3のパルス開始のタイミングを前記駆動パルス制御手段により制御することを特徴とする。

【0032】また、前記第3のパルス開始のタイミングを、環境温度が高くなる場合は早く、低くなる場合は遅くなるよう設定することを特徴とする。

【0033】また、前記第2のパルスの継続時間と前記第3のパルスの継続時間が同じに設定され、前記第2パルス開始から前記第3パルス開始までの時間が、前記圧力発生室の周期 T_c とほぼ一致した時間となるよう設定されていることを特徴とする。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例の詳細を図に基づいて説明する。

【0035】図1は本発明のインクジェット記録装置に使用するインクジェット記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【0036】図において符号1はノズル2が形成されたノズルプレート、符号7は圧力発生室3、共通インク室4、インク供給口5が連通するよう形成した流路構成板、8は弾性板である。流路構成板7をノズルプレート1と弾性板8で挟み込む形で一体に構成しインク流路ユニットを構成している。

【0037】圧電振動子9は圧電材料と導電材料を交互に積層して構成され、充電状態では導電層の積層方向と直角な方向に収縮し、また充電状態が解かれると導電層との積層方向と直角な方向に伸長する、いわゆる縦振動モードの振動子で、電極が存在しない先端の不活性部を圧力発生室3の領域で弾性板8に当接させた状態で他端が固定基板10に固定されている。

【0038】上記の様に構成されたインクジェット記録ヘッドは、以下のような駆動によりインク滴の吐出がおこなわれる。

【0039】圧電振動子9に駆動電圧を印加し充電をおこなうと、圧電振動子9が収縮することで当接する弾性板8が変形して圧力発生室3が膨張し、インク供給口5を介して共通インク室4から圧力発生室3にインクが流れ込む。

【0040】次に、放電により圧電振動子9が元の状態に伸長して弾性板8が押圧されることにより、圧力発生室3内に圧力が発生して、ノズル2からインク滴が吐出をする。

【0041】さらに引き続き充電によりインク滴が吐出ししない程度に圧力発生室3を再び膨張させる。

【0042】以下、駆動パルス発生手段および駆動パルス制御手段とその駆動方法について詳細に説明する。

【0043】図2は本発明のインクジェット記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【0044】図においてインクジェット記録装置は、図1で説明したインクジェット記録ヘッド100と、個々のノズルに対応する圧電振動子9、9、9・・・の駆動を選択する駆動ノズル選択手段110と、駆動パルスを発生する駆動パルス発生手段120と、駆動パルスを制御する駆動パルス制御手段(CPU)130と、環境温度検出手段140から構成される。

【0045】環境温度検出手段140は周囲の環境温度を検出し、駆動パルス制御手段(CPU)130にこの環境温度データを送出するものである。

【0046】駆動パルス制御手段(CPU)130は、当手段内に設定されているパルス制御信号 p_1 、 p_2 、 p_3 ・・・のパルス幅と環境温度の関係テーブルにもとづき、環境温度に応じたパルス幅 pw_1 、 pw_2 、 pw_3 ・・・をもつパルス制御信号 p_1 、 p_2 、 p_3 ・・・を駆動パルス発生手段120に送る。また、外部からの印字信号にもとづき印字データを駆動ノズル選択手段110におくる。

【0047】駆動パルス発生手段120は駆動パルス制御手段(CPU)130から送られる複数のパルス制御信号 p_1 、 p_2 、 p_3 ・・・にもとづいて所望の山と谷からなる駆動パルスを発生させる。

【0048】発生した駆動パルスは、駆動ノズル選択手段110を介してドットを形成すべきノズル2に属する圧電振動子9に選択的に送られる。これによって、所望のノズル2からインク滴が吐出される。

【0049】本実施例ではインクジェット記録ヘッド100上に、駆動ノズル選択手段110と環境温度検出手段140が搭載されている。環境温度検出手段140をインクジェット記録ヘッド100上に搭載したのは、インクジェット記録ヘッド100周辺の環境温度をより正確に検出するためである。

【0050】図3は本発明のインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルス形成の一実施例を説明する図である。

【0051】本発明のインクジェット記録ヘッドの駆動パルスは図3(a)のような山と谷からなる階段状の台形パルスであり、充電を行う第1のパルスS1、放電を行う第2のパルスS2、再充電を行う第3のパルスS3から構成される。

【0052】本実施例では、駆動パルス制御手段130内に設定されているパルス制御信号はp1、p2、p3の3つあり、それぞれが駆動パルスの第1のパルスS1、第2のパルスS2、第3のパルスS3に対応しており、各パルス制御信号p1、p2、p3の印加タイミングとそのパルス幅pw1、pw2、pw3によって各駆動パルスS1、S2、S3の開始タイミングと継続時間が決定される。

【0053】以上のような駆動パルスの各行程において、以下に示すようなインクジェット記録ヘッドの駆動が行われる。

【0054】第1のパルス制御信号p1がオンされると、そのパルス幅pw1分の時間を要して所定のピーク電圧まで充電が行われ、圧電振動子9が収縮する。これに伴って圧力発生室3が膨張し、ノズル2内のメニスカスは圧力発生室3側に引き込まれ、もっとも引き込まれた位置から振動しながら、ノズル先端21に向かって回復をしていく、この際、インク供給口5を介して共通インク室4のインクが圧力発生室3に流れ込む。

【0055】第1のパルス制御信号p1の終了以降、ピーク電圧のまま電圧が保持され、圧電振動子9も変形を止めてパルス幅pwh1分の時間待機をする。この間もメニスカスはノズル先端21に向かって回復を続けている。

【0056】引き続き、メニスカスの回復途中で第2のパルス制御信号p2がオンされると、そのパルス幅pw2分の時間を要して電圧零まで放電が行われ、圧電振動子9が伸長する。これに伴って圧力発生室3が収縮を開始し、圧力発生室3内に圧力が発生することでノズル2からインク滴が吐出する。インク滴吐出後、ノズル2内でメニスカスが振動を開始する。

【0057】ところで、このインク滴吐出後に振動するメニスカスは、圧力発生室3側に最も引き込まれると、今度はノズル先端21に向かって移動を開始するが、この時点で第3の制御パルス信号p3がオンされるように設定しておく、そのパルス幅pw3分の時間を要して所定の中間電位まで圧電振動子9が充電され微少収縮するため、圧力発生室3が膨張する。この圧力発生室3の膨張により、ノズル先端21側に向かうメニスカスの運動エネルギーが低減され、図8の実線L1で示すようにメニスカスの残留振動を急速に減衰させることができる。

【0058】以上のような駆動において、本発明では第2のパルス(S2)と第3のパルス(S3)の印加タイミングを調整する手段を利用し、インク滴吐出時のメニ

スカスの引き込み位置の一定化と、インク滴吐出後のメニスカスの残留振動の効果的な制振を行えるようにした。

【0059】まず、第2のパルス(S2)を調整する第1の実施例について説明する。

【0060】本発明の第1の実施例では、第1のパルス(S1)の開始時から第2のパルス(S2)の開始時間pw5(=pw1+pwh1)を調整出来るようにし、第2のパルス(S2)の印加タイミング(以下、簡単に吐出タイミングと呼ぶ)を調整可能とした。

【0061】図4および図5は本発明の一実施例であるインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルスとメニスカスの挙動および吐出時のメニスカスの引き込み位置の関係を説明する図である。

【0062】第1のパルスの駆動によって生じるメニスカスの引き込みおよび回復の挙動は、インクジェット記録ヘッドのもつ固有の流路インピータンスに左右されるこの流路インピータンスはノズル2のイナータンスMn、レジスタンスRn、インク供給口5のイナータンスMs、レジスタンスRsによっておおそ決まる値で、流路インピータンスZは、

$$Z = (R_n + R_s) + (M_n \times \omega + M_s \times \omega)$$

である。ここで $\omega = 1/T_c$ でTcは後述するヘルムホルツ共振周期である。

【0063】イナータンスMn・Ms、レジスタンスRn・Rsはノズル2やインク供給口5等の流路寸法のばらつきによって変動し、さらに環境温度によるインク物性(粘度、密度)の変化によっても変動するため、これらの変動により、メニスカスの引き込みおよび回復の挙動はばらつく。

【0064】にもかかわらず、常に吐出タイミングを一定にして駆動をすると、図4-(b)に示すように、メニスカスの挙動の差のため、吐出タイミング時のメニスカスの引き込み位置に差が生じ、インク滴の吐出速度や吐出インク量がばらつく(図中LaおよびLbで比較図示した)。

【0065】これは、インク滴の着弾位置がばらつき、結果ヘッド毎の画像のバラツキも生むことになり、インクジェット記録ヘッドの製造歩留まりを落としかねない。

【0066】しかし本発明では、吐出タイミングを任意に設定できるようにしているため、ノズル2やインク供給口5等の流路寸法のばらつきやインク物性がばらついてメニスカスの挙動が変化しても、図5(a)のように吐出タイミングを調整し(pwh1→pwh1')、図5(d)のように常に同じ引き込み位置でインク滴を吐出させることが可能となり、インク滴の吐出速度を常に一定に保つことが出来る(図中LaおよびLb'で比較図示した)。

【0067】この結果、インク滴の着弾位置が安定し、

常に安定した画像が表現できる。

【0068】また、流路寸法が多少ばらついても製造歩留まりを落とすことなく、駆動パルスの変更で対応することが可能となる。

【0069】また、本実施例ではさらに、環境温度検出手段140を設け、環境温度を検出し駆動パルス制御手段130を介して、駆動パルス発生手段120から出力される駆動パルスの第2パルス(S2)の印加タイミングを変化させるようにもした。

【0070】これにより、環境温度が変化しても吐出タイミング時のメニスカスの引き込み位置を一定とすることが可能となり、環境変化に対しても常に安定した高画質な画像を形成できる。

【0071】第1の実施例に関して、本発明者はインク供給口幅とノズル径の異なる複数の仕様のインクジェット記録ヘッドに関して、第2のパルスの印加タイミングと吐出スピードの関係を調査した。

【0072】図6(a)(b)は第2のパルスの印加タイミングを固定した駆動方法での各インク供給口幅およびノズル径の異なる複数のヘッド仕様における吐出速度の関係を説明する図である。

【0073】本実験では、第2のパルス(S2)の印加タイミングを2ポイントとし、同吐出インク量を吐出する際の、各仕様ヘッドでの吐出速度を確認した。図6(a)が $pw5 = (pw1 + pwh1) = (15 + 10) = 25 \mu s$ 、図6(b)が $pw5 = (pw1 + pwh1) = (15 + 20) = 35 \mu s$ での結果である。

【0074】図において、第2パルス(S2)の印加タイミングの早い、つまり $pw5$ が短い図6(a)の駆動の方が、メニスカスがより引き込んだ位置でインク滴が吐出するため、全般に吐出速度を速くすることができることがわかる。

【0075】また、両印加タイミング駆動とも、インク供給口幅が広く、ノズル径が広いほど吐出速度は遅くなる傾向にある。しかも、両寸法とも数 μm の違いで吐出速度は大きく変化し、本実験で評価した数 μm の寸法バラツキにおいては吐出速度はレンジで3~4 m/s もばらつくことになる。

【0076】図7は本発明の第1の実施例の駆動方法を行った場合の各インク供給口幅およびノズル径のヘッド仕様における吐出速度の関係を説明する図である。

【0077】今回の第1の実施例の駆動方法を利用し、ヘッドの仕様毎に $pwh1$ を調整し、インク供給口幅およびノズル径が広く吐出速度の遅くなる仕様に関しては第2パルスの印加タイミング($pw5$)を短くすることで吐出速度の調整を行った。

【0078】結果、図6の様に吐出速度のバラツキを小さくすることができ、本実験では吐出速度のばらつきを、レンジで1 m/s 以下にすることが可能となる(図中、吐出速度に*印、◎印がついているのは、それぞれ

$pw5 = 25, 35 \mu s$ で駆動させるよう調整したことを示す)。

【0079】このように第2パルスの印加タイミング($pw5$)を調整することで、ヘッド仕様がばらついても、吐出速度のばらつきが小さく抑えられる。

【0080】なお、本実験では $pw5$ は2ポイントで調整を行ったが、さらに細かいポイントで調整すれば、吐出速度のバラツキはさらに小さくすることができる。

【0081】本実験では $pw5$ の調整を行う際、 $pw1$ を固定して $pwh1$ のみの調整で対応したが、 $pw1$ の調整で対応しても良い。ただし、 $pw1$ を変更すると、メニスカスの引き込みの挙動がさらに大きく変化するため、これに加え $pwh1$ の調整も必要となり、流路寸法毎の最適パルスの組み合わせが複雑になる。よって、 $pw1$ を固定し $pwh1$ の調整のみで対応するのが好ましい。

【0082】つぎに、第2の実施例について説明する。

【0083】本発明の第2の実施例では、第2のパルスの開始時から第3のパルスの開始時間 $pw4 (= pw2 + pwh2)$ を調整出来るようにし、第3のパルスの印加タイミングを調整可能とした。

【0084】図によって具体的に説明する。

【0085】図8は本発明の一実施例であるインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルスとメニスカスの挙動を示す図である。

【0086】第3のパルスの印加タイミングに関して、メニスカスが圧力発生室3側もしくはノズル先端21側に移動中のタイミングで、充電を開始し圧力発生室3を膨張させた場合は効果的なメニスカスの制振が行われない。

【0087】つまりこの場合、メニスカスの運動エネルギーが十分減じられず、図8の波線12のようにメニスカスの振動が残るため、次に吐出すべきタイミングがメニスカスがノズル2内に引き込まれる途中過程に相当すると、インク滴吐出時のメニスカスの形状が不安定となり、結果、吐出するインク滴にミストが生じたり、吐出曲がりや吐出ブレを引き起こし易い。

【0088】このため、上記のタイミングで次のインク滴を吐出しようとする駆動周波数下においては、インク滴の安定吐出が十分確保できず、印字品質の低下を招きやすいという問題が生じる。

【0089】このため、第3のパルスの印加タイミングの設定には注意を要するが、本発明では、以下に示すようなメニスカスの代表的振動特性である周期 Tc のヘルムホルツ周波数を利用する手段により、容易に第3パルスの最適な印加タイミングを判断し設定するようにした。

【0090】メニスカスの振動特性の代表値について以下に説明する。

【0091】図1のように構成されたインクジェット記

録ヘッドは、圧力発生室3のインクの圧縮性に起因するコンプライアンスを C_i 、また圧力発生室3を形成している弾性板8、ノズルプレート1、流路構成板7等の材料自体による剛性コンプライアンスを C_v 、ノズル2のイナータンスを M_n 、インク供給口5のイナータンスを M_s とするとインク流路のヘルムホルツ共振周期 T_c は、

$$T_c = 2\pi \times \sqrt{((M_n + M_s) / (C_i + C_v)) (M_n \times M_s)}$$

により表すことができる。

【0092】ここで、コンプライアンス C_i は、圧力発生室3の体積を V 、インクの密度を ρ 、インク中での音速を c とすると

$$C_i = V / \rho c^2$$

である。

【0093】また、圧力発生室3の剛性コンプライアンス C_v は、圧力発生室3に単位圧力を印加したときの圧力発生室3の体積変化量に一致する。

【0094】具体例をあげると、長さ0.5～2mm、幅0.1～0.2mm、深さ0.05～0.3mmの圧力発生室3を構成すると、ヘルムホルツ共振周期が5～20 μ s（共振周波数が50～200kHz）程度のインクジェット記録ヘッドを構成することができる。

【0095】以上に示した代表値はインク滴吐出後のメニスカスの残留振動の挙動特性に大きく関係する。

【0096】図8のようにインク滴吐出後のメニスカスは微小な振動周期（ T ）の振動を持ちつつ大きな周期（ T_m ）での振動が繰り返される。

【0097】前述したように、第3のパルスの印加タイミングはメニスカスが圧力発生室3側に引き込まれた状態が一番効果が高い。このためメニスカスの制振を効果的に行える第3のパルスのタイミングは微小な周期 T の周期で存在することになる。

【0098】つまり、インク滴吐出時から T の振動周期に相当する時間の経過後に第3のパルスを加えること（つまり図3の第2のパルス開始から第3のパルス開始されるまでの時間 $pw4$ を T と概ね等しくすること）で、メニスカスの制振を効果的に行えることを意味する。

【0099】このメニスカスの微小な振動周期（ T ）は、ほかならぬ上述のヘルムホルツ共振周期（ T_c ）であり、つまり、微小な共振周期 T_c が前述の計算式で確認できれば最適な第3パルスの印加タイミングが容易に設定できることになる。

【0100】本発明者は、インクジェット記録ヘッドの持つ共振周期 T_c と最適な第3パルスの印加タイミングについて調査した。

【0101】図9は本発明の一実施例であるインクジェット記録装置における共振周期 T_c とインク滴の吐出が安定する最適な第3のパルスの印加タイミングの関係を示す図である。

【0102】図において第3パルスの最適な印加タイミングは第2のパルス開始から第3のパルスが開始されるまでの時間 $pw4$ で示してある。

【0103】なお、本実験では第3のパルスの継続時間 $pw3$ は第2のパルス継続時間 $pw2$ をほぼ同じに設定している。これは、同じ継続時間でパルスを加えることで両方のパルスにより引き起こされるメニスカスの振動がほぼ同等の周期で発生するため、第3のパルスにより引き起こされるメニスカスの振動が第2のパルスにより引き起こされる振動に対して逆位相となった場合、両パルスの継続時間が同じでない場合に比べ、効果的にメニスカスの制振がおこなわれるためである。

【0104】図9から明らかに共振周期 T_c と第3パルスの最適な印加タイミング（ $pw4$ ）はほぼ一致しており、本発明では、メニスカスの振動特性の代表値であるヘルムホルツ共振周期（ T_c ）を利用する手段により、容易に第3パルスの最適な印加タイミングを判断し設定できるようになることがわかる。

【0105】なお、第3のパルスの継続時間 $pw3$ と第2のパルス継続時間 $pw2$ が同じでない場合は、共振周期 T_c と $pw4$ は一致しないが、 $pw4$ は共振周期 T_c に対して若干シフトした値となるため、そのシフト量さえ把握できれば共振周期 T_c を代表値にすることは容易である。

【0106】ところで、インク滴吐出後のメニスカスの振動も、上述の式で定義されているように、インクの圧縮性、圧力発生室3の剛性に起因するコンプライアンスと、ノズル2とインク供給口5等のインク流路の形状寸法に起因するイナータンスの変化に伴い変動する。

【0107】これらの変動を引き起こす主なものは、製造上のインク流路の形状バラツキや、環境温度の変化であり、特にコンプライアンスは環境温度が変化するとインクの物性値はもちろんのこと、圧力発生室3を構成している材料の剛性も変化するため、変動は比較的大きい。

【0108】このため共振振動周期 T_c が変化しこれに伴い、第3パルスの最適な印加タイミングも変化することとなる。

【0109】本発明者は、インクジェット記録ヘッドの持つ共振周期 T_c の環境温度による変化について調査した。

【0110】図10は本発明の一実施例であるインクジェット記録装置における共振周期 T_c と環境温度の関係を示す図である。また、図11は本発明のインクジェット記録装置における環境温度と吐出安定する最適な第3のパルスの印加タイミングの関係を示す図である。

【0111】明らかに、環境温度が高くなるとそれに伴い、共振周期 T_c も長くなっていき、それに応じて最適な第3のパルスの印加タイミング $pw4$ も変化していくことがわかる。

【0112】ということは、ある一定値に固定された印加タイミングのままで駆動が行われると、製造上のインク流路の形状バラツキや、環境温度の変化により共振周期 T_c が大きく変化すると、最適なメニスカスの制振が行なわれず、インク滴吐出が不安定となってしまう。

【0113】そこで本実施例では、環境温度検出手段140を設け、それにより環境温度を検出して、駆動パルス制御手段130を介して、駆動パルス発生手段130から出力される駆動パルスの第3パルスの印加タイミングを変化させるようにした。

【0114】これにより、環境温度変化に対しても最適な第3パルスの印加タイミングでの駆動が可能となり、インク滴の吐出により発生したメニスカスの振動が環境温度によって変化しても、最も圧力発生室3に移動した段階で、第3のパルスにより圧力発生室3を再び膨張させるため、この時点でノズルに向かおうとしているメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰できる。

【0115】これにより、環境温度に関わりなく、メニスカスの運動エネルギーの減衰不良によるインク滴の吐出不安定現象が抑制され、また、メニスカスの急速な静止により、繰り返し周波数に関わりなくメニスカスを一定位置に静止させた状態でインク滴を吐出させるため飛翔速度が安定する。このため、高駆動周波数の駆動でも安定した吐出が確保できる。

【0116】最後に、印字開始準備時および印字終了時の動作について説明する。

【0117】印字が開始される前には、駆動パルスを中間電位まで充電し、圧電振動子9を微小収縮させて印字信号が送られるまで、待機をする。中間電位まで充電する時間は、その駆動によってインク滴が吐出しない程度であればよく、第3パルスの継続時間程度の時間で問題ない。

【0118】一方、印字信号が入力されなくなると、駆動パルスは中間電位から所定のパルスにより放電を行い電位を零とする。この所要時間も、その駆動によってインク滴が吐出しない程度であれば問題ない。

【0119】以上の動作によって、以下に示すような効果も得られる。

【0120】上記動作によって圧電振動子9が微小伸長や収縮をし、圧力発生室3が膨張、収縮する。結果、ノズル2内のメニスカスが若干振動し、また、圧力発生室内3内のインクが攪拌されて、大気に晒され乾燥しやすいノズル2内のインクの固化を防止しインクの日詰まりを防止することができる。

【0121】上述の実施例は、縦振動モードの圧電振動子を用いたインクジェット記録ヘッドを例にとって説明したが、横振動モードの圧電振動子を用いた場合も同様の作用があることは明らかである。

【0122】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明において

ノズル、およびインク供給口を介して共通インク室に連通し、周期 T_c の共振周波数を備えた圧力発生室と、圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット記録ヘッドと圧力発生室を拡大させる第1のパルスと、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズルからインク滴を吐出させる第2のパルスと、第2のパルス後に圧力発生室を再び拡大させる第3のパルスを出力する駆動パルス発生手段と環境温度検出手段によって第2のパルス開始のタイミングおよび第3のパルス開始のタイミングを環境温度により制御する駆動パルス制御手段とを備えたので、第1のパルスで引き込まれ回復中のメニスカスの引き込み位置が、第2パルス開始時に常に同じとなるタイミングでインクを吐出できるため、インク滴の吐出速度を常に一定にすることができる。

【0123】また、環境温度変化によるメニスカスの挙動の変化に対しても、常に一定のメニスカスの引き込み位置でインクを吐出できるため、いかなる環境温度に対してもインク滴の吐出速度を常に一定にすることができる。

【0124】一方、インク滴の吐出後に発生するメニスカスの残留振動が、最も圧力発生室に移動した段階で、第3のパルスを印加し圧力発生室を再び膨張させることが容易にできるため、この時点でノズルに向かおうとしているメニスカスの運動エネルギーを効果的に減衰させることができる。

【0125】また、環境温度変化によるメニスカスの振動挙動の変化に対しても、減衰に最適なタイミングで第3のパルスを開始することができるため、環境温度に関わらず常に安定したインク滴吐出が可能となる。

【0126】さらに、メニスカスの急速な静止により、駆動周波数に関わりなくメニスカスを一定位置に静止させた状態でインク滴を吐出させるため、飛翔速度が安定し、また、メニスカスの回復時間が早くなるため、応答周波数が向上する。

【0127】また、インク滴吐出後のメニスカス振動を減衰制振させるに最適な第2パルス開始から前記第3パルス開始までの時間が、前記圧力発生室の周期 T_c とほぼ一致した時間であるので、 T_c を代表値とし第3パルスの開始時間を設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット記録装置に使用するインクジェット記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【図2】本発明のインクジェット記録装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】本発明のインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルス形成の一実施例を説明する図である。

【図4】本発明の一実施例であるインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルスとメ

ニスカスの挙動および吐出時のメニスカスの引き込み位置の関係を説明する図である。

【図5】本発明の一実施例であるインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルスとメニスカスの挙動および吐出時のメニスカスの引き込み位置の関係を説明する図である。

【図6】第2のパルスの印加タイミングを固定した駆動方法での各インク供給口幅およびノズル径の異なる複数のヘッド仕様における吐出速度の関係を説明する図である。

【図7】本発明の第1の実施例の駆動方法を行った場合の各インク供給口幅およびノズル径のヘッド仕様における吐出速度の関係を説明する図である。

【図8】本発明の一実施例であるインクジェット記録装置におけるインクジェット記録ヘッドの駆動パルスとメニスカスの挙動および吐出時のメニスカスの引き込み位置の関係を説明する図である。

【図9】本発明の一実施例であるインクジェット記録装置における共振周期 T_c とインク滴の吐出が安定する最適な第3のパルスの印加タイミングの関係を示す図である。

【図10】本発明の一実施例であるインクジェット記録

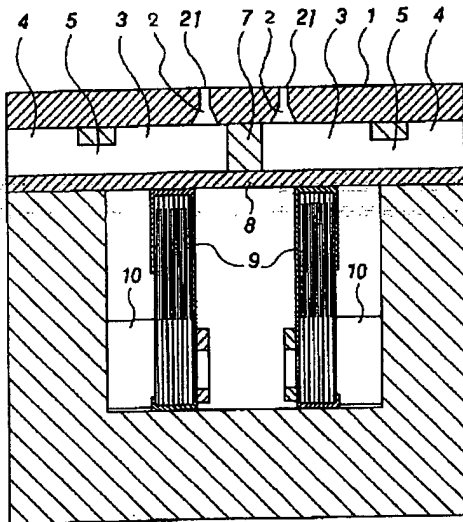
装置における共振周期 T_c と環境温度の関係を示す図である。

【図11】本発明のインクジェット記録装置における環境温度と吐出安定する最適な第3のパルスの印加タイミングの関係を示す図である。

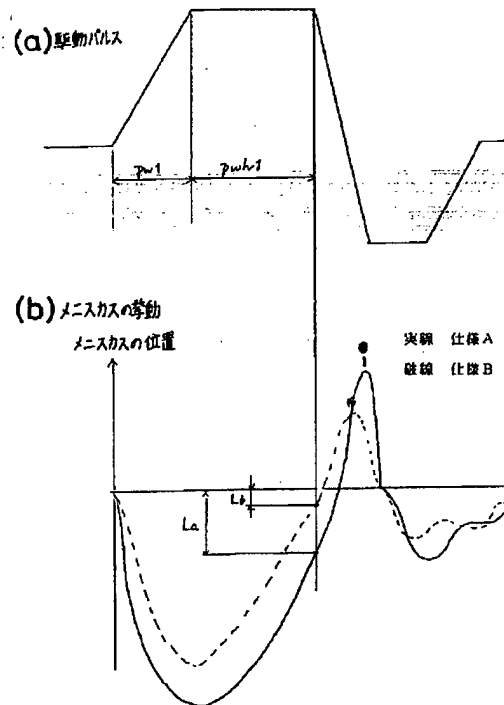
【符号の説明】

- 1 ノズルプレート
- 2 ノズル
- 3 圧力発生室
- 4 共通インク室
- 5 インク供給口
- 6 インク流路
- 7 流路構成板
- 8 弾性板
- 9 圧電振動子
- 10 固定基板
- 21 ノズル先端
- 100 インクジェット記録ヘッド
- 110 駆動ノズル選択手段
- 120 駆動パルス発生手段
- 130 駆動パルス制御手段(CPU)
- 140 環境温度検出手段

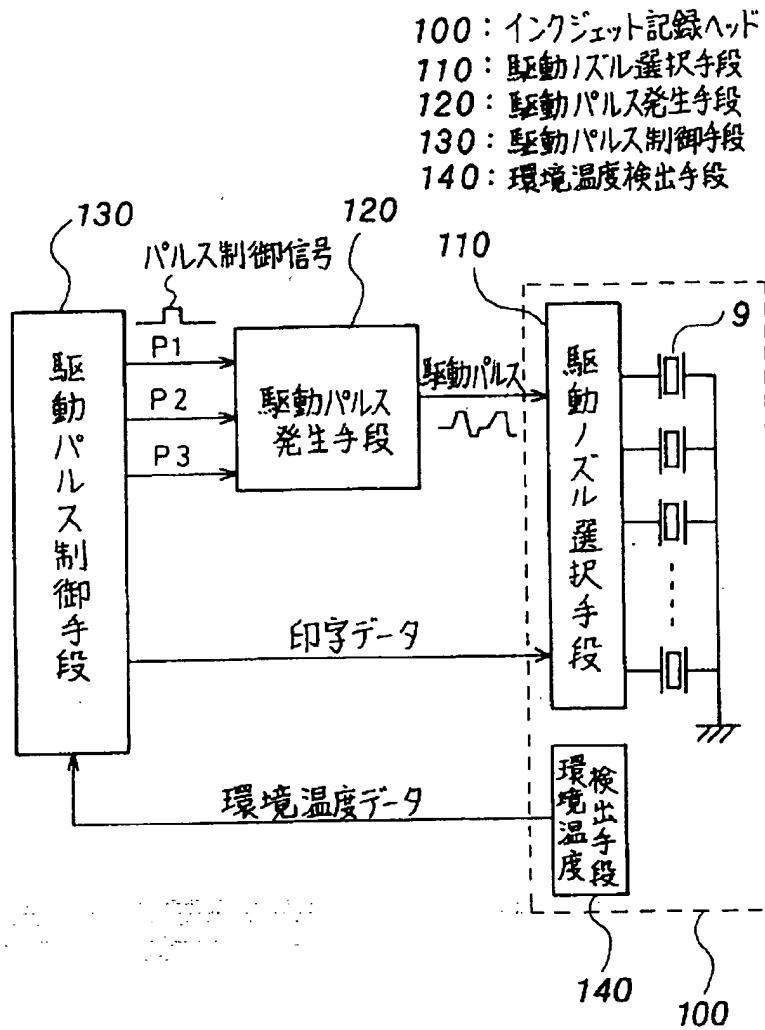
【図1】



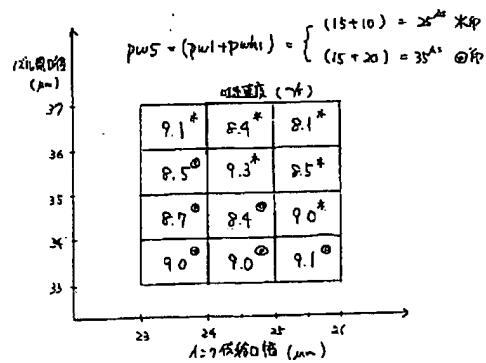
【図4】



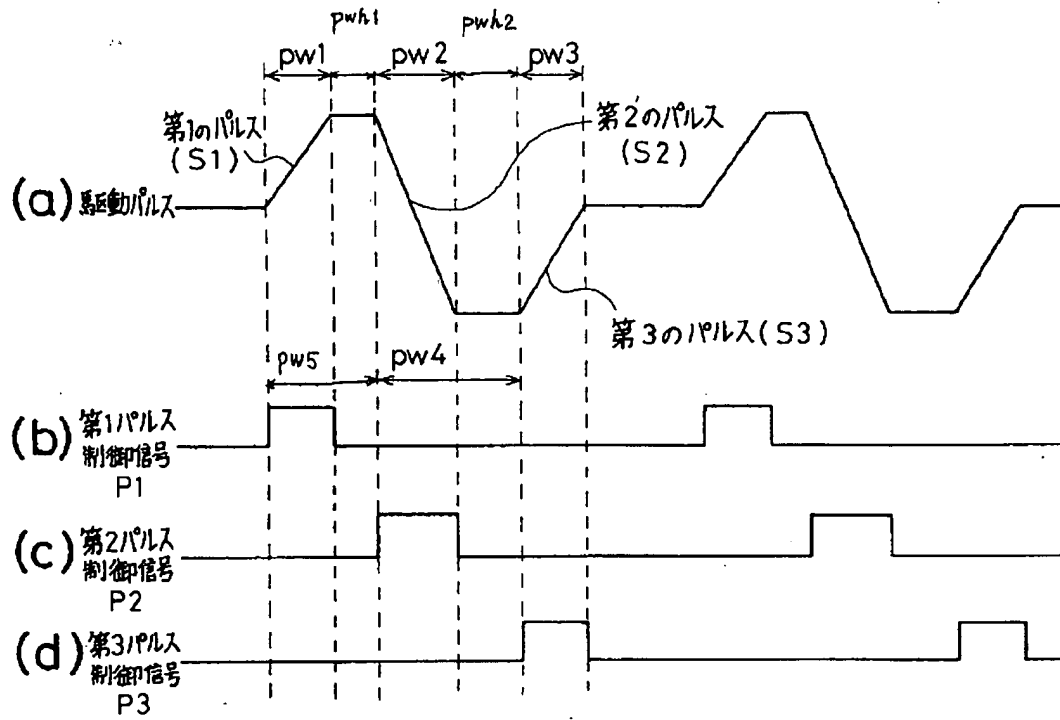
【図2】



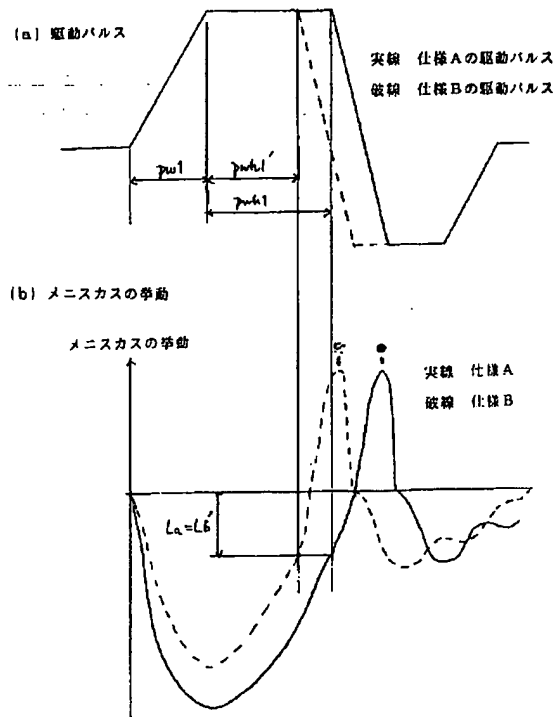
【図7】



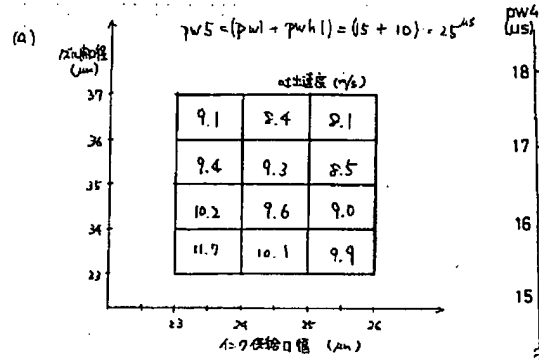
【図3】



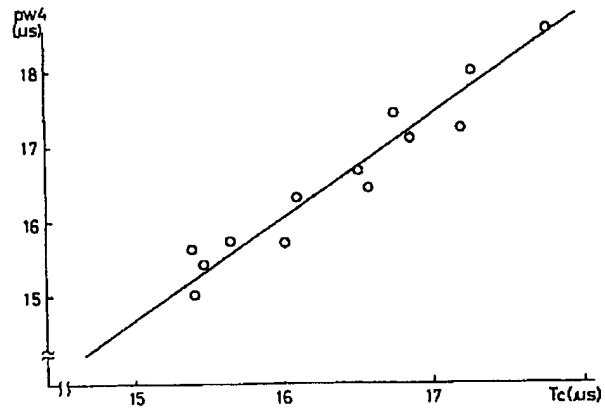
【図5】



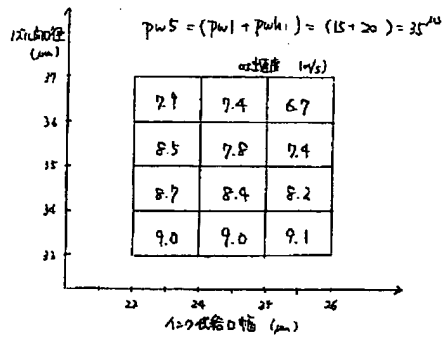
【図6】



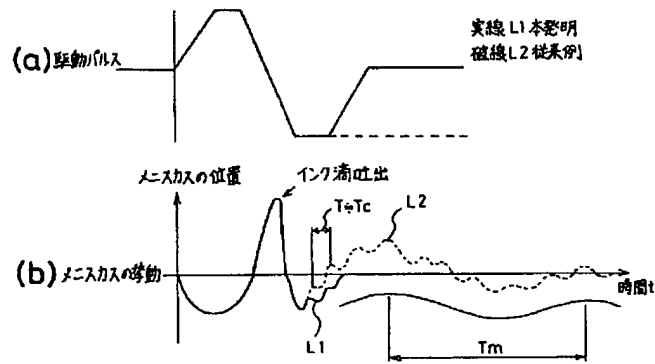
【図9】



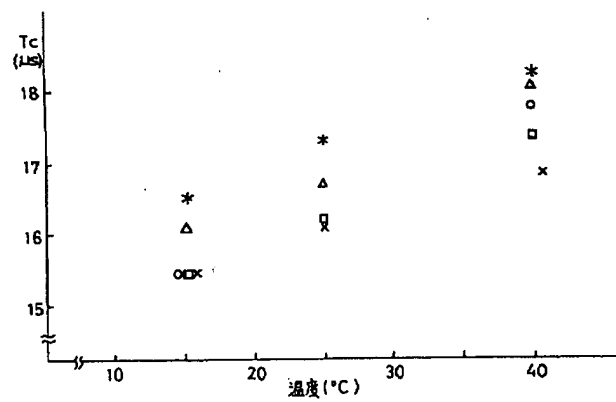
(b)



【図8】



【図10】



【図11】

